BULLETIN du MUSÉUM NATIONAL d'HISTOIRE NATURELLE

PUBLICATION BIMESTRIELLE

sciences physico-chimiques

12

N° 484 SEPTEMBRE-OCTOBRE 1977

BULLETIN
du
MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE

57, rue Cuvier, 75005 Paris

Directeur : Pr M. Vachon.

Comité directeur : Prs J. Dorst, C. Lévi et R. Laffitte.

Conseillers scientifiques : Dr M.-L. Bauchot et Dr N. Hallé.

Rédacteur : Mme P. Dupérier.

Le *Bulletin du Muséum national d'Histoire naturelle*, revue bimestrielle, paraît depuis 1895 et publie des travaux originaux relatifs aux diverses branches de la Science.

Les tomes 1 à 34 (1895-1928), constituant la 1re série, et les tomes 1 à 42 (1929-1970), constituant la 2e série, étaient formés de fascicules regroupant des articles divers.

A partir de 1971, le *Bulletin* 3e série est divisé en six sections (Zoologie — Botanique — Sciences de la Terre — Sciences de l'Homme — Sciences physico-chimiques — Écologie générale) et les articles paraissent, en principe, par fascicules séparés.

S'adresser :

— pour les **échanges**, à la Bibliothèque centrale du Muséum national d'Histoire naturelle, 38, rue Geoffroy-Saint-Hilaire, 75005 Paris (C.C.P., Paris 9062-62) ;

— pour les **abonnements** et les **achats au numéro**, à la Librairie du Muséum, 36, rue Geoffroy-Saint-Hilaire, 75005 Paris (C.C.P., Paris 17591-12 — Crédit Lyonnais, agence Y-425) ;

— pour tout ce qui concerne la **rédaction**, au Secrétariat du *Bulletin*, 57, rue Cuvier, 75005 Paris.

Abonnements pour l'année 1977

Abonnement général : France, 530 F ; Étranger, 580 F.
Zoologie : France, 410 F ; Étranger, 450 F.
Sciences de la Terre : France, 110 F ; Étranger, 120 F.
Botanique : France, 80 F ; Étranger, 90 F.
Écologie générale : France, 70 F ; Étranger, 80 F.
Sciences physico-chimiques : France, 25 F ; Étranger, 30 F.

International Standard Serial Number (ISSN) : 0027-4070.

BULLETIN DU MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE
3e série, nº 484, septembre-octobre 1977, Sciences physico-chimiques 12

Contribution phytochimique à l'étude de la position systématique de *Vanasushava pedata* (Wight) Mukherjee et Constance (*Heracleum pedatum* Wight) [1]

par Jacques Carbonnier et Darius Molho *

Résumé. — *Heracleum pedatum* Wight (endémique du sud de l'Inde) a récemment fait l'objet d'une nouvelle combinaison : *Vanasushava pedata* (Wight) Mukherjee et Constance. Les affinités entre ce nouveau genre monospécifique d'Ombellifères et les genres *Carum*, *Pternopetalum*, *Sium*, *Vicatia*, *Schultzia* et *Pimpinella* ayant été discutées, une recherche comparative des coumarines a été effectuée entre deux populations de *V. pedata*, cinq espèces d'*Heracleum*, une espèce de *Carum*, une espèce de *Pternopetalum* (*Cryptotaeniopsis*), quatre espèces de *Pimpinella*, quatre espèces de *Schultzia*, deux espèces de *Sium* et deux espèces de *Vicatia*.

Les résultats obtenus permettent du strict point de vue du métabolisme coumarinique de rapprocher *Vanasushava* de deux espèces indiennes d'*Heracleum* (rattachées à la section *Tetrataenium*), qui lui sont sympatriques : *H. sprengelianum* Wight et Arn. et *H. ceylanicum* Gardn. Le calcul du coefficient de similarité de Jaccard, appliqué à 23 coumarines, justifie, tout en corroborant ce rapprochement avec les *Tetrataenium*, la création du genre monospécifique *Vanasushava*.

Abstract. — *Heracleum pedatum* Wight, an endemic plant of south Indian hills, was recently renamed, and became : *Vanasushava pedata* (Wight) Mukherjee and Constance. Affinities between this new monospecific genus (belonging the Umbelliferae) and *Carum*, *Pternopetalum*, *Sium*, *Vicatia*, *Schultzia* and *Pimpinella* are discussed.

Striking similarities — as far as the metabolism of coumarins is involved — appeared between *Vanasushava* and two of its indian sympatric species (Sect. *Tetratuenium*) : *H. sprengelianum* Wight and Arn. and *H. ceylanicum* Gardn. The values obtained for simple similarity matching coefficients S_J, applied with 23 chemical compounds, did confirm the proximity with *Tetraenium*, and futhermore justified that a monospecific genus *Vanasushava* had to be created.

Mots clés : *Vanasushava*, *Heracleum*, *Schultzia*, *Vicatia*, *Cryptotaeniopsis*, *Pternopetalum*, *Carum*, *Siuai*, *Pimpinella*, Umbelliferae, Apioidae, Peucedaneae.
Phytochimie. Coumarines. Furocoumarines. Dihydrofurocoumarines.

Introduction

Heracleum pedatum (Umbelliferae, sous-famille des Apioidae, tribu des Peucedaneae) a été décrit par Wight en 1843 (1) comme faisant partie de l' « alpine jungles » du sud de

1. Ce travail a été effectué dans le cadre des activités de la RCP 286 : Recherches multidisciplinaires sur la systématique des Angiospermes : application aux Ombellifères.

* *Laboratoire de Chimie appliquée aux corps organisés, Muséum national d'Histoire naturelle, 63, rue Buffon, 75005 Paris.*

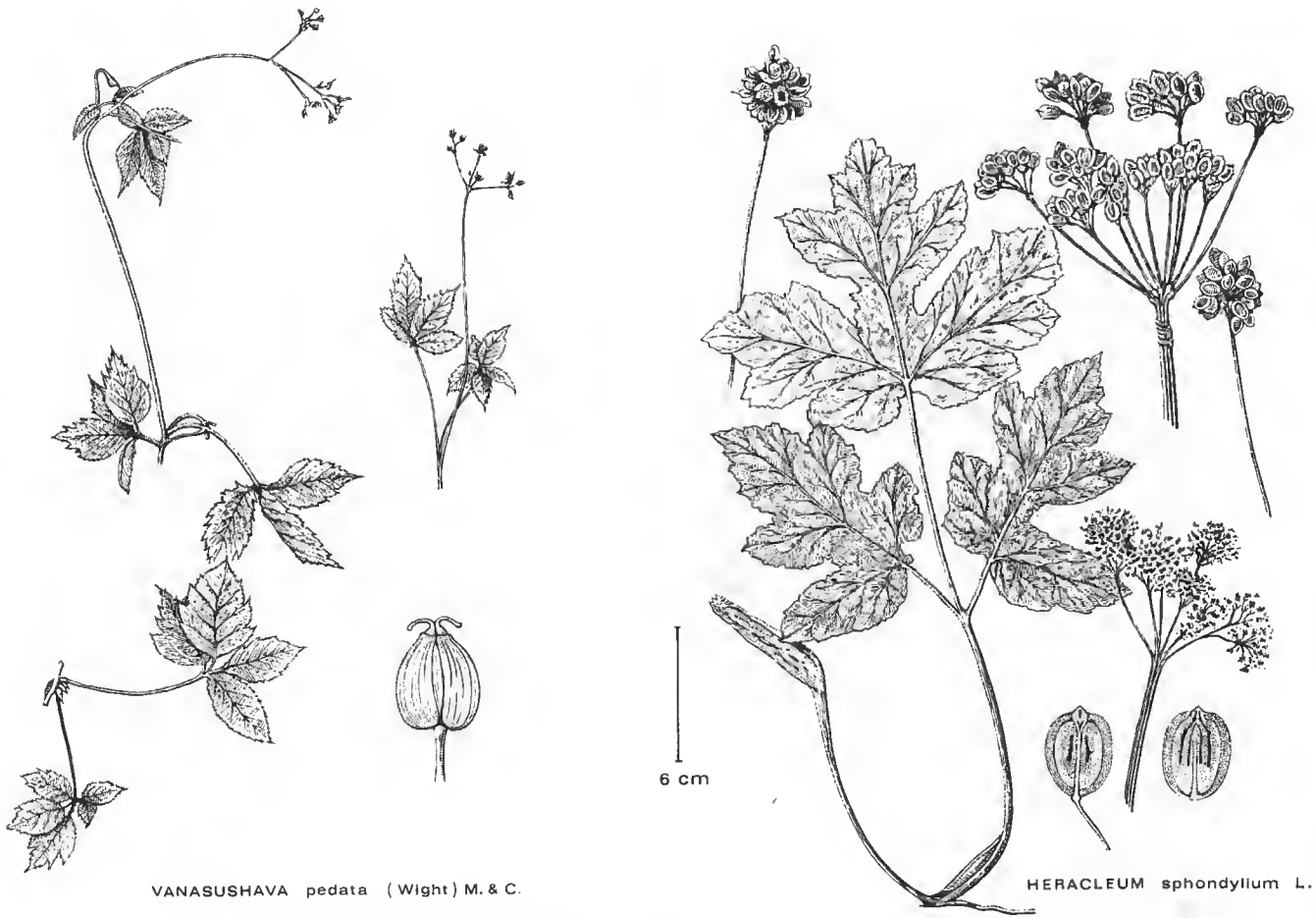


Fig. 1. — Comparaison de la morphologie de *V. pedata* avec celle d'*H. sphondylium*. (Échelle des fruits : *V. pedata* × 50 ; *H. sphondylium* × 3.)

l'Inde. Lors de sa description, WIGHT remarquait déjà que cette espèce diffère assez largement des autres représentants du genre mais, ajoutait-il (p. 342) : « for the present, however, I prefer retaining it here ».

Il suffit pour se convaincre du particularisme de *Heracleum pedatum* de comparer cette espèce au type du genre : *H. sphondylium* L. (cf. fig. 1). Le fruit surtout, globuleux, possédant quatre côtes bien marquées, l'oppose au méricarpe plat et nettement ailé des *Heracleum*.

Dès 1879, C. B. CLARKE (**2**) souligne que les feuilles de *H. pedatum* ne sont pas celles d'un *Heracleum* et note que les fruits ressemblent beaucoup à ceux de *Schultzia* Sprengl. Plus tard, FYSON (**3**) les rapproche plutôt de ceux des *Sium* L. Dans un travail de 1972 consacré aux Ombellifères indiennes, MUKHERJEE (**4**) constate que ces rapprochements ne sont pas convaincants et qu'il serait préférable de rattacher *H. pedatum* à un nouveau genre de la tribu des Peucedanae.

Deux ans plus tard, MUKHERJEE et CONSTANCE (**5**) créent ce nouveau genre : *Vanasushava* Mukherjee et Constance, dans lequel ils rangent l'unique espèce connue : *V. pedata* (Wight) Mukherjee et Constance. Dans ce travail, MUKHERJEE rapproche *Vanasushava* de *Vicatia* DC, tandis que CONSTANCE suggère plutôt des ressemblances avec *Pternopetalum* Franch. (*Cryptotaeniopsis* Dunn.), qui est parfois placé entre *Pimpinella* L. et *Carum* L.

De toute évidence la place de *Vanasushava* à l'intérieur des Ombellifères pose un problème. Il est clair que, si les meilleurs Systématiciens n'ont pu le résoudre, c'est que la morphologie à elle seule ne permet pas de conclure, c'est pourquoi la RCP 286 s'est proposé d'apporter sa contribution à l'étude taxonomique de cette Ombellifère indienne.

L'étude entreprise comprend plusieurs directions d'investigations : écologique, anatomique, palynologique, phytodermalogique et phytochimique.

Le présent travail concerne l'examen comparatif de quelques espèces (dont plusieurs sont abordées du point de vue phytochimique pour la première fois) appartenant aux genres susceptibles d'être rapprochés de *Vanasushava* et ceci au moyen de l'analyse des dérivés coumariniques.

Outre *V. pedata*, des espèces rattachées aux genres *Heracleum*, *Pimpinella*, *Schultzia*, *Sium*, *Vicatia*, *Carum* et *Pternopetalum* ont été examinées. L'origine du matériel et les méthodes sont décrites dans la partie expérimentale.

RÉSULTATS

1. **Composition de** *Vanasushava pedata*

L'analyse des feuilles, tiges et racines de deux lots de *V. pedata* nous a permis d'identifier treize coumarines présentes dans cette espèce.

Si l'on excepte le psoralène (10) [1], absent de l'un de ces échantillons (mais dont l'exis-

1. Les numéros des constituants, entre parenthèses, renvoient aux formules de ceux-ci, données dans le tableau III.

Tableau I. — Composition en coumarines de deux populations de *Vanasushava pedata*. (Voir formules tabl. III.)

COUMARINES																
SUBSTI.		7 - B				7 - 6										
SERIES		DIHYDROFUROCOUMARINES									FUROCOUMARINES LINEAIRES				
		ANGUL.				LINEAI.									
N° prod.		2	1	5	6	8	7		4	3	10	15	17	14	18
POPULATIONS	ORGANES	OSTHENOL (1)	OSTHOL	COLUMBIANADINE	COLUMBIANETINE	SPRENGELIANINE (1)	MARMESINE	H 55 (2)	SUBEROSINE (1)	DEMETHYL SUBEROSINE (1)	PSORALENE	IMPERATORINE	CNIDICINE (1)	XANTHOTOXINE	ISOPIMPINELLINE
74-247	R		●	●	●	●	●		●	●		●			
	Fr	●	●		●	●	●	●	●	●		●	●	●	●
74-122	R		●	●	●	●	●		●	●		●			
	Fr	●	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Fe				●		●								
	T				●		●								

R, racines ; Fr, fruits ; Fe, feuilles ; T, tiges.
(1), identification chromatographique ; (2), série déterminée, structure non achevée.

tence est, de toute manière, nécessaire en raison de la présence d'autres furocoumarines qui en dérivent). elles ont des compositions identiques en coumarines (cf. tabl. I)[1].

En ce qui concerne la répartition entre organes, on remarquera que les furocoumarines ne sont présentes que dans les fruits et les racines, alors que les feuilles et les tiges ne renferment que les précurseurs de celles-ci [dihydrofurocoumarines : marmésine (7) et columbianétine (6)].

Il convient encore de noter que, si le fruit renferme les cinq furocoumarines de l'espèce [impératorine (15), psoralène (10), isopimpinelline (18), cnidicine (17) et xanthotoxine (14)], une seule d'entre elles, l'impératorine, est présente dans la racine.

La nature de ces furocoumarines apporte quelques indications intéressantes quant au métabolisme coumarinique de *V. pedata*. Ainsi les substitutions montrent que l'espèce est apte à biosynthétiser aussi bien des furocoumarines méthoxylées (xanthotoxine, isopim-

1. Les faibles variations observées chez *V. pedata* tiennent probablement au fait que cette espèce se reproduit principalement par voie végétative.

pinelline) que des furocoumarines isoprénylées (impératorine, cnidicine). De même, *V. pedata* est susceptible d'élaborer des furocoumarines monosubstituées (xanthotoxine, impératorine) ou disubstituées (cnidicine, isopimpinelline).

Compte tenu de ces possibilités, le statut d'*Heracleum* pouvait, au moins de ce point de vue, convenir à *V. pedata*. Toutefois, si *Heracleum* possède aussi ces propriétés biosynthétiques, quelques autres le distinguent de *Vanasushava*.

2. **Comparaison avec** *Heracleum*

Lorsque l'on compare la composition globale en coumarines de quelques représentants du genre *Heracleum* (*H. sphondylium* L., *H. afghanicum* Kitam., *H. platytaenium* Boiss.) avec *V. pedata* (cf. tabl. II), on se rend compte d'un certain nombre de différences :

TABLEAU II. — Étude comparative de la composition en coumarines de quelques *Heracleum* et de *Vanasushava pedata*. Les résultats sont la somme des constituants du fruit et de la racine. (Voir formules tabl. III.)

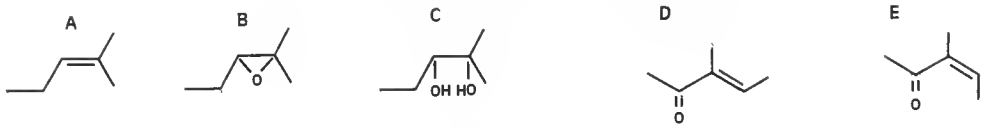
COUMARINES SUBSTI. EN	7 - 8									7 - 6														
SERIES	FUROCOUMARI.				-					-					FUROCOUMARINES LINEAIRES									
N° DES PRODUITS	12	13	11	9	2	1	5	6		8	7		4	3	10	15	17	14	18	19	20	21	16
COUMARINES / TAXONS	ISOBERGAPTENE	PIMPINELLINE	SPHONDINE	ANGELICINE	OSTHENOL (1)	OSTHOL	COLUMBIANADINE	COLUMBIANETINE	H 52 (2)	SPRENGELIANINE (1)	MARMESINE	H 55 (2)	SUBEROSINE (1)	DEMETHYL SUBEROSINE (1)	PSORALENE	IMPERATORINE	CNIDICINE (1)	XANTHOTOXINE	ISOPIMPINELLINE	PHELLOPTERINE	BYAK-ANGELICOL	BYAK-ANGELICINE	BERGAPTENE
H. afghanicum Kitam.	●	●	●					●	●		●	●	●			●	●	●	●				●
H. platytaenium Boiss.	●	●	●	●				●	●		●				●	●		●	●		●	●	●
H. sphondylium L.	●	●	●						●		●	●	●		●	●		●	●	●	●	●	●
V. pedata (Wight) M.&C.					●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●				

(1), identification chromatographique ; (2), série déterminée, structure non achevée.

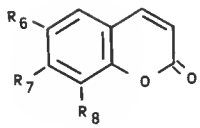
1 — Contrairement aux *Heracleum*, *V. pedata* ne renferme aucune furocoumarine angulaire (12, 13, 11, 9).

2 — *V. pedata* contient de grandes quantités d'esters de dihydrofurocoumarines [columbianadine principalement (5)], or la présence de ce dérivé nécessite de la columbianétine (6) pour son élaboration. Cette dernière étant, à la fois, le précurseur de la columbianadine et des furocoumarines angulaires [cf. MOLHO *et al.* (**6**)], on peut expliquer l'absence des unes par la présence de l'autre et vice versa. De ce point de vue on constate une oppo-

TABLEAU III. — Structures des coumarines isolées.

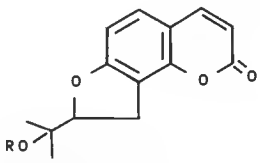


COUMARINES



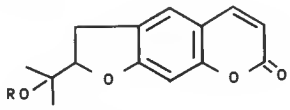
	R_6	R_7	R_8
(1)_ Osthol	H	OCH_3	A
(2)_ Osthenol	H	OH	A
(3)_ Demethyl-suberosine	A	OH	H
(4)_ Suberosine	A	OCH_3	H

DIHYDRO-FUROCOUMARINES



(5) _ Columbianadine ... R : E

(6) _ Columbianetine ... R : H

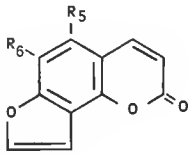


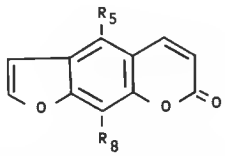
(7)_ Marmesine ..... R : H

(8)_ Sprengelianine ..... R : O

(8')_ Oeitoine ..... R : E

FUROCOUMARINES





	R_5	R_6
(9) _ Angelicine	H	H
(11)_ Sphondine	H	OCH_3
(12)_ Isobergaptene	OCH_3	H
(13)_ Pimpinelline	OCH_3	OCH_3

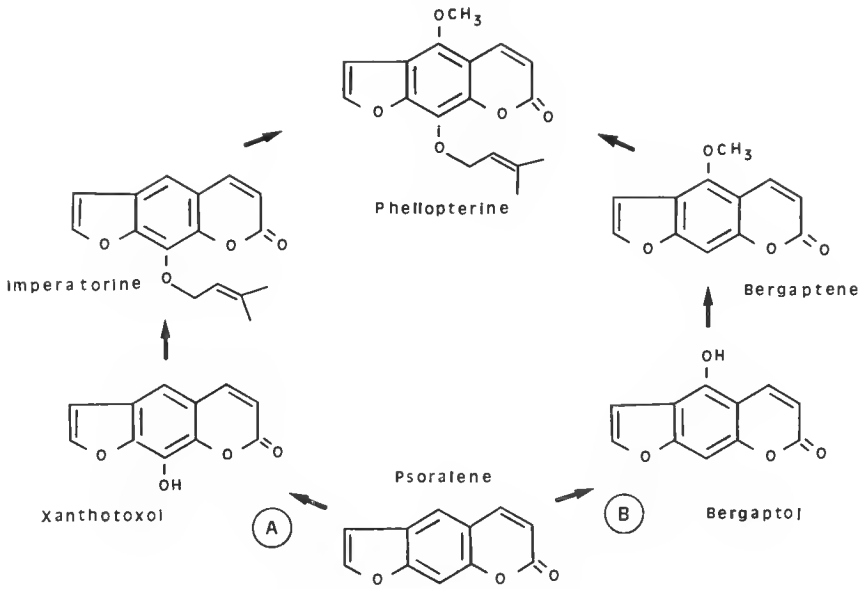
	R_5	R_8
(10)_ Psoralene	H	H
(14)_ Xanthotoxine	H	OCH_3
(15)_ Imperatorine	H	OA
(16)_ Bergaptene	OCH_3	H
(17)_ Cnidicine	OA	OA
(18)_ Isopimpinelline	OCH_3	OCH_3
(19)_ Phellopterine	OCH_3	OA
(20)_ Byak-angelicol	OCH_3	OB
(21)_ Byak-angelicine	OCH_3	OC

sition totale entre *Heracleum* et *Vanasushava* ; le premier a choisi la voie de l'angelicine et de ses dérivés (9, 11, 12, 13), le second celle de la columbianadine (5).

3 — Parmi les furocoumarines linéaires, on relève une autre différence entre ces deux genres : *Vanasushava* ne renferme que cinq dérivés de cette série, contre neuf chez *Heracleum*, ce qui oppose singulièrement ces deux genres. L'explication possible à cette constatation peut être la même que celle concernant la voie angulaire, bien que cette fois les conséquences en soient de moindre amplitude : la synthèse du dérivé (8 ou 8′), présent chez *Vanasushava*, absent chez *Heracleum*, consomme une partie de la marmésine (7). Celle-ci étant à la fois, précurseur de (8 ou 8′) et de toutes les furocoumarines linéaires, on comprend qu'il y ait réduction du nombre de furocoumarines synthétisées lorsque, comme chez *V. pedata*, les deux voies sont utilisées.

4 — Notons encore une différence essentielle entre le métabolisme coumarinique de *Vanasushava* et celui d'*Heracleum* : celui-ci biosynthétise tout comme *Vanasushava* des furocoumarines monosubstituées, mais alors qu'*Heracleum* élabore aussi bien des dérivés monosubstitués en position 5 [bergaptène (16)], qu'en position 8 [xanthotoxine (14), impératorine (15)], *V. pedata* ne se révèle capable de monosubstituer le psoralène (10) qu'en position 8 [pour conduire aux produits (14) et (15)].

Tableau IV. — Schéma des biogenèses possibles d'une furocoumarine linéaire disubstituée.



En d'autres termes, *Vanasushava* utilise la voie A (du xanthotoxol, cf. tabl. IV) au moins en partie, tandis qu'*Heracleum* possède le matériel enzymatique qui lui permet d'effectuer les synthèses des composés de la voie B (du bergaptol).

Ainsi, compte tenu des différences dans le métabolisme furocoumarinique de *Vanasushava* et d'*Heracleum*, la nouvelle combinaison proposée par Mukherjee et Constance, concernant *Heracleum pedatum*, paraît justifiée. Nous noterons toutefois que, de notre

point de vue, *V. pedata* ne reste pas très éloigné d'*Heracleum* ou, tout au moins, de certains *Heracleum* dont nous avons déjà signalé le particularisme (**6**).

En effet, certains *Heracleum* indiens, comme *H. sprengelianum* Wight et Arn. et *H. ceylanicum* Gardn., appartenant à la section *Tetrataenium* D.C., sont, comme *V. pedata*, dépourvus de bergaptène (16). De plus, tout comme *V. pedata*, ils ne renferment aucune furocoumarine angulaire et synthétisent des quantités importantes d'esters de marmésine (8) et de columbianétine (5).

Les fruits de ces espèces de *Tetrataenium* sont très riches en impératorine (15) et en phelloptérine (19). Cette dernière, régulièrement rencontrée chez les autres espèces d'*Heracleum*, est une furocoumarine linéaire disubstituée en 5 et 8 ; absent de *V. pedata*, ce dérivé pose un problème particulier, car ainsi que le montre le schéma du tableau IV elle peut être obtenue soit par la voie biogénétique A, soit par la voie biogénétique B ; selon le cas la signification taxonomique de la présence de ce composé n'est donc pas la même.

La présence de bergaptène (16), de phelloptérine (19) et des dérivés (20) et (21) qui en découlent dans toutes les sections d'*Heracleum* (excepté *Tetrataenium*) plaide en faveur de l'utilisation de la voie B par ce genre ; l'absence (à tous les stades du développement) de bergaptène dans les espèces rattachées à la section *Tetrataenium* suggère que la phelloptérine est plutôt synthétisée par celles-ci selon l'enchaînement métabolique A.

Cette distinction conduit d'une part à rapprocher, malgré la présence de phelloptérine, *V. pedata* de la section *Tetrataenium* des *Heracleum* et, d'autre part, met en évidence une discontinuité au sein du genre *Heracleum*.

Ainsi l'importance des différences métaboliques entre *Vanasushava* et *Heracleum* doit être nuancée selon les sections auxquelles sont rattachées les espèces d'*Heracleum* soumises à la comparaison : par conséquent il est nécessaire de considérer la section *Tetrataenium* en tant qu'unité particulière du genre *Heracleum*.

3. Comparaison avec *Sium*

Nous avons examiné la composition de deux espèces de *Sium* : *S. nipponicum* Max. et *S. latifolium* L. var. *angustatum* Doell. Aucune de ces deux espèces ne renferme dans ses fruits ou ses racines de furocoumarines. Les cinq coumarines (identification en cours) de *S. latifolium* sont toutes différentes de celles de *V. pedata*, ce qui réduse, du point de vue phytochimique, le rapprochement suggéré par Fyson (**3**) entre ce genre et *Heracleum pedatum*.

4. Comparaison avec *Pternopetalum* (*Cryptotaeniopsis*) et les genres affines : *Carum* et *Pimpinella*

Afin d'effectuer un examen critique des rapprochements suggérés par Constance [*in* Mukherjee et Constance (**4**)], nous avons entrepris l'analyse des coumarines d'une espèce de *Pternopetalum* [*Cryptotaeniopsis botrychioides* (Dunn) Hand. Maz.] et de quelques représentants des genres affines : *Carum* et *Pimpinella*. Nous avons recherché les coumarines dans les fruits et les racines de *C. carvi* L., *C. stictocarpum* C. B. Clarke, *P. saxifraga* L. (2 populations), *P. major* (L.) Huds., *P. pulveyensis* Gamb. et *P. candolleana* Wight et Arn.

Il convient de remarquer que nous avons choisi soit les espèces les plus représentatives de ces genres, soit celles dont la distribution géographique est la plus proche de celle de *V. pedata* (*P. pulveneyensis*, *P. candolleana* et *C. stictocarpum* ont des aires de répartition qui interfèrent avec celle de celui-ci).

Nous n'avons trouvé aucune furocoumarine chez *Carum* et *Pternopetalum* ; les *Carum* renferment toutefois de la marmésine, ce qui indique l'amorce de la biosynthèse furocoumarinique. *Pimpinella* soulève, quant à lui, un problème assez complexe. La littérature (**7** à **12**) signale, en effet, la présence de furocoumarines dans les racines de *P. heyena* Wall, *P. magna* L. [*P. major* (L.) Huds.] et *P. saxifraga* L. Or, nous n'avons pas retrouvé trace de ces dérivés ni dans les fruits, ni dans les racines de *P. candolleana* et *P. pulveneyensis* Gamb., pas plus que chez *P. major* (L.) Huds. ou dans les deux populations de *P. saxifraga* L. examinées. Nous ne sommes pas les seuls à avoir relevé cette contradiction, puisque Stahl et Herting (**13**) viennent de confirmer que *P. major* et *P. saxifraga* étaient, contrairement à certaines assertions, dépourvus de furocoumarine. Toutefois la question reste en suspens puisque l'examen de *P. monoica* Dalz. (espèce indienne, elle aussi) nous a révélé la présence de dix furocoumarines. Leur existence à la fois dans les fruits et dans les racines laisse supposer, au moins du point de vue chimique, une anomalie taxonomique, que nous nous proposons de discuter ultérieurement. Il semble cependant raisonnable de considérer qu'à cette exception près le genre *Pimpinella* est, du point de vue de son métabolisme coumarinique, assez éloigné de *Vanasushava*.

Ainsi, de notre point de vue, ni *Pternopetalum*, ni *Carum*, ni *Pimpinella* ne se rapprochent sérieusement de *V. pedata*.

5. **Comparaison avec** *Schultzia*

Quatre espèces ont été analysées : *S. dissecta* (Clarke) Norman., *S. longiloba* Bent. et Hook., *S. compacta* Ledeb. et *S. crinita* Spreng. (2 populations).

La recherche des furocoumarines dans ces espèces s'est avérée, cette fois, positive. En effet, si les racines en sont dépourvues, les fruits de toutes ces espèces contiennent des dihydrofurocoumarines et ceux de *S. dissecta* renferment deux furocoumarines : l'impératorine (15) et l'isopimpinelline (18). Ces deux composés, comme d'ailleurs la columbianadine (5) et la columbianétine (6), constituent autant de points communs aux deux genres. Du point de vue du métabolisme coumarinique cette affinité sera donc retenue et discutée plus loin.

6. **Comparaison avec** *Vicatia*

La ressemblance entre *H. pedatum* et les *Vicatia* avait été soulignée par Mukherjee en 1972. Nous avons examiné deux espèces de ce genre *V. thibetica* H. de Boissieu et *V. canifolia* DC.

Ces deux espèces himalayennes se sont avérées fort riches en coumarines, surtout dans la racine ; par contre, la seule furocoumarine trouvée s'est révélée être localisée dans le fruit : il s'agit du bergaptène (16), furocoumarine linéaire, très courante chez *Heracleum*, mais absente de *Vanasushava pedata*. Toutefois, la présence de marmésine (7), de colum-

bianétine (6) et d'un ester de cette dihydrofurocoumarine constituent des ressemblances non négligeables entre *Vanasushava* et *Vicatia*, ressemblances qu'il conviendra d'apprécier à la lumière d'autres données.

DISCUSSION

Au terme de ces examens portant sur les genres que les systématiciens ont, à un moment ou à un autre, rapproché de *V. pedata*, il convient d'effectuer un bilan strictement phytochimique.

Si l'on retient comme critère minimum l'existence de furocoumarines, et nous constatons qu'elles ont une distribution relativement étroite chez les Ombellifères, donc chimiotaxonomiquement significative, seuls *Heracleum*, *Schultzia* et *Vicatia* peuvent prétendre à quelque affinité avec *Vanasushava* (cf. tabl. V).

Tableau V. — Comparaison de la composition en coumarines du genre *Vanasushava* avec quatre genres affines. (Voir formules tabl. III.)

COUMARINES SUBSTI. EN	7 - 8									7 - 6													
SERIES	FUROCOUM. ANGULAIRES				DIHYDROFUROCOUMARINES ANGUL.					DIHYDROFUROCOUMARINES LINEAIR.					FUROCOUMARINES LINEAIRES								
N° DES PRODUITS	12	13	11	9	2	1		6	5	8	7		4	3	10	15	17	14	18	19	20	21	16
COUMARINES / TAXONS	ISOBERGAPTENE	PIMPINELLINE	SPHONDINE	ANGELICINE	OSTHENOL (1)	OSTHOL	H 52 (2)	COLUMBIANETINE	COLUMBIANADINE	SPRENGELIANINE (1)	MARMESINE	H 55 (2)	SUBEROSINE (1)	DEMETHYL SUBEROSINE (1)	PSORALENE	IMPERATORINE	CNIDICINE (1)	XANTHOTOXINE	ISOPIMPINELLINE	PHELLOPTERINE	BYAK-ANGELICOL	BYAK-ANGELICINE	BERGAPTENE
VANASUSHAVA (a)					●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●				
sect. Tetrataenium HERACLEUM (b)						●	●	●	●	●	●	●	●		●	●				●	●		
autres sections (c)	●	●	●	●				●			●	●	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●
SCHULTZIA (d)							●	●	●			●				●			●				
VICATIA (e)							●	●			●												●

La présence de ces constituants résulte de la sommation de la composition des organes : (b) de deux espèces (*H. sprengelianum* et *H. ceylanicum*) ; (a) de deux populations de *V. pedata* ; (c) de trois espèces (*H. sphondylium*, *H. afghanicum* et *H. platytaenium*) ; (d) de deux espèces (*S. dissecta* et *S. longiloba*) ; (e) de deux espèces (*V. thibetica* et *V. canifolia*).

(1), identification chromatographique ; (2), série déterminée, structure non achevée.

En ce qui concerne *Heracleum*, nous avons montré les différences essentielles qui existent entre les représentants les plus typiques de ce genre et *V. pedata*, mais nous avons aussi

rappelé la présence, au sein de ce genre, d'espèces indiennes dont le métabolisme coumarinique est très particulier. Or, il se trouve que les points fondamentaux qui opposent *Vanasushava* à *Heracleum* sont justement les mêmes que ceux qui différencient les *Heracleum* indiens (*H. sprengelianum* Wight et Arn. et *H. ceylanicum* Gardn. surtout) de l'ensemble du genre. Rappelons ces caractéristiques : absence de furocoumarines angulaires, absence de monosubstitution en 5, donc de bergaptène, réduction du nombre de furocoumarines, accumulation d'esters de dihydrofurocoumarines. Du point de vue phytochimique, *Vanasushava pedata* se rapproche donc beaucoup des *Heracleum* indiens (**6**).

Nous ne saurions cependant négliger les données morphologiques et anatomiques des fruits de *V. pedata* : celles-ci impliquent un ensemble de caractères qui récusent une étroite parenté entre ces espèces. Il s'avère donc nécessaire de pondérer quelque peu les conclusions auxquelles nous venons d'aboutir.

Le moyen d'apprécier la plus ou moins grande ressemblance entre deux unités taxonomiques (ici les genres) repose sur l'utilisation du coefficient de Jaccard (S_j) qui ne tient pas compte des concordances négatives. L'utilisation de ce coefficient de « similarité », préconisé par Sneath (**14**), conduit aux comparaisons suivantes :

Comparaisons à l'aide de 23 coumarines selon la distribution du tableau V

	Nbre de produits communs	S_j
Vanasushava/*Tetrataenium*	10	0,43
Id. /*Heracleum*	9	0,39
Id. /*Schultzia*	6	0,26
Id. /*Vicatia*	3	0,13

Nous noterons tout d'abord qu'une valeur de S_j de 0,43 (la plus élevée obtenue entre nos termes de comparaison) ne traduit pas une ressemblance particulièrement forte. Ce constat confirme donc la position de Mukherjee et Constance, en justifiant d'un point de vue chimique la valeur du genre *Vanasushava* en tant que genre autonome.

Nous noterons ensuite la concordance des conclusions auxquelles permettent d'aboutir deux méthodes aussi différentes que celle des coefficients de similarité, considérant chaque produit comme un caractère indépendant et de poids équivalent, et celle basée sur l'emploi **en tant que caractère** de seulement quatre **voies biogénétiques** du métabolisme coumarinique. En effet, nous constatons, dans les deux cas, que la meilleure affinité de *Vanasushava* a été trouvée avec *Tetrataenium* [section indienne du genre *Heracleum*, élevée par Mandenova (**16**) au rang de genre]. La méthode basée sur la prise en considération du métabolisme coumarinique démontre ce rapprochement avec force, tandis que celle utilisant l'existence de constituants communs le modère quelque peu.

On ne peut s'empêcher de voir dans cette proximité phénotypique avec les *Heracleum* indiens la justification de l'attribution par Wight du statut originel d'*Heracleum* à cette bien étrange ombellifère de la péninsule indienne.

Remerciements

Nous tenons à remercier les Drs Cerceau, Blasco et Jury de nous avoir procuré une partie du matériel qui nous a permis de réaliser ce travail. Que M. le Pr Leroy, responsable de l'Herbier du Muséum national d'Histoire naturelle de Paris, veuille trouver ici l'expression de notre reconnaissance pour nous avoir autorisé à prélever du matériel sur certains *exsiccata*.

Nous tenons à exprimer notre reconnaissance aux Prs Nielsen et Kusnetcova qui nous ont grandement facilité nos identifications par l'envoi de quelques échantillons de coumarines.

Enfin, nous ne saurions oublier M. Rebière qui a bien voulu se charger de l'iconographie de ce travail.

PARTIE EXPÉRIMENTALE

1. Matériel [1]

Carum carvi L. : Culture — Laboratoire d'Écologie Générale du Muséum national d'Histoire naturelle, n° RCP 101. Récolte M.-Th. Cerceau le 10-V-1963, prélèvement JC 75-416.

Carum stictocarpum C. B. Clarke : Indes, Ellora près de Aurangabad, parois basaltiques nues. Récolté le 21-X-1973, leg Blasco n° 2565, prélèvement JC 76-113 (fruits et racine).

Cryptotaeniopsis botrychioides (Dunn.) Hand. Maz. : Yunnan septent. — Long Ki — Bois de Moulagnes, à Tehen Sang Chan. Coll. M. Delavai, août 1894, herbier du Muséum (P), prélèvement JC 75-423.

Heracleum afghanicum Kitam. : Afghanistan — Shibar Kotal, 2 500 m, au-dessus de Gorgand, bord de ruisseau. Coll. JC le 22-VIII-1970, herbier JC 70-29.

Heracleum ceylanicum Gardn. : Indes du Sud — Palni Hills — Top Station, Savana, 2 300 m. Coll. Balasubramanian, IX-1974, herb. Blasco 2683, prélèvement JC 74-119.

Heracleum platytaenium Boiss. (*H. eminens* Lange) : Culture — Jardin Écologique de Brunoy (MNHN). N° 1140, à partir de fruits provenant du Jardin Botanique de Cluj, récolte IX-1969, Cerceau, prélèvement JC 73-40.

Heracleum sphondylium L. : France-Nièvre-Corvol l'Orgueilleux « Les Caillons ». Coll. Jarreau, 9-VI-1971, herb. JC 71-75.

Heracleum sprengelianum Wight et Arn. : Indes du Sud — Palni Hills — Bassin de Koniar, 2 200 m. Coll. Legris et Blasco, XI-1973, herb. JC 73-91.

Pimpinella candolleana Wight et Arn. : Indes du Sud — Palni Hills — Top Station — 2 300 m, IX-1974. Coll. Bulasubramanian, Blasco, déterm. Blasco, herbier Blasco réf. 2686, prélèvement JC 74-123.

Pimpinella major (L.) Huds. : Culture — Laboratoire d'Écologie Générale du Muséum national d'Histoire naturelle (MNHN). Herbier Cerceau, n° 398, fruits originaux provenant du Jardin Botanique de Arhus, récolte 1964, prélèvement JC 75-418.

1. Les *exsiccata* référés « JC » sont conservés en herbier au Laboratoire de Chimie du Muséum national d'Histoire naturelle de Paris, ceux « Cerceau » au Laboratoire de Palynologie du Muséum national d'Histoire naturelle et ceux « Blasco » à l'Université Paul Sabatier de Toulouse.

Pimpinella monoica Dalz. : Fruits provenant du jardin botanique de Calcutta, prélèvement JC 74-229. Racine, culture — Jardin du Laboratoire d'Écologie Générale (MNHN). Herbier CERCEAU, nº 98, exemplaire en fleurs, prélèvement JC 76-103.

Pimpinella pulveyensis Gamb. : Indes du Sud — Palni Hills — Top Station — 2 300 m. IX-1974, coll. BULASUBRAMANIAN, déterm. CAUWET, herb. BLASCO réf. 2686a, prélèvement JC 75-72.

Pimpinella saxifraga L. : Culture — Jardin du Laboratoire d'Écologie Générale (MNHN). Herb. CERCEAU nº 96, fruits originaux provenant du Jardin Botanique de Lagd, récolte 1963, prélèvement JC 75-417.

Pimpinella saxifraga L. : Fruits provenant du Jardin Botanique de Jalta, prélèvement JC 74-92.

Schultzia compacta Ledeb. : Altaï. Herb. du Muséum (P), leg Acad. Imp. St. Pétersbourg-1836 (en fleurs), prélèvement JC 75-451.

Schultzia crinita Spreng. : Altaï. Herb. Muséum (P), Acad. Imp. St. Pétersbourg (en fleurs), prélèvement JC 75-453.

Schultzia crinita Spreng. : Sibérie. Sajan ad decursum superiorem fluviorum, Oka et Irait, 1902, KOMAROV, herb. Muséum (P), prélèvement JC 75-452.

Schultzia dissecta (Clarke) Norman. : Gordon College Herbarium — Plants of Kashmir Burzil pass, near Top in herbage near stream banks. Coll. R. R. STEWART, 12-13000', nº 22080, 1-VIII-1946, prélèvement JC 75-232.

Schultzia longiloba Bent. et Hook. : Platae in Prov. Mashad radices australes — Bingoell montis ad Gumgum in ditricto Warto lectae 5200' subhumidis. Coll. T. KOTSCHY nº 311, 16-VIII-1859, herb. Muséum (P), prélèvement JC 75-445.

Sium latifolium L. var. *B angustatum* Doell. : Plante de l'Asie centrale, bord de l'Irtiche. Coll. M. CHAFFANJAN nº 1217, 29-VIII-1895, herb. Muséum (P), prélèvement JC 75-450.

Sium nipponicum Max. : Japon — Marais d'Ossu-Yeso, Coll. Abb. FAURIÉ 4810, 17-IX-1889, herb. Muséum (P) (en fruits), prélèvement JC 75-456.

Vanasushava pedata (Wight) Mukherjee et Constance : Indes du Sud, Palni Hills, Bombay Shola, 2 500 m. Coll. BULASUBRAMANIAN, IX-1974, herbier JC 74-226 (en fruits mûrs). Collec. BLASCO nº 2687.

Vanasushava pedata (Wight) Mukherjee et Constance : Indes du Sud, Palni Hills, Gundar Shola Coll. BLASCO et LEGRIS, XI-1974, herb. JC 74-247 (en fruits mûrs).

Vicatia canifolia DC. : Himalaya bor. occ., région tempérée, 10 000'. Coll. J.J., sans date, herb. Al de Bunge in herb. DURANT (ex herb. COSSON), herb. Muséum (P), herb. Ind. or. de Hook. f. et Thomson., prélèvement JC 75-424.

Vicatia thibetica H. de Boissieu : Plante du Thibet oriental, Prov. de Batang Yargang, haie, lieu ombragé, forêt. Herb. Muséum (P), prélèvement JC 75-422.

2. Méthodes

Le matériel végétal (fruits, racines, feuilles ou tiges) est séché à l'étuve à 40ºC, puis après broyage au mortier, extrait au Soxhlet par l'éther de pétrole durant 24 heures.

L'extrait brut, après évaporation sous vide du solvant, est chromatographié préparativement sur gel de silice (plaque épaisse Merck PSC Kieselgel 254) au moyen d'un solvant A : cyclohexane/acétate d'éthyle, 75/25.

Chacune des zones est éluée séparément et rechromatographiée préparativement sur le même support au moyen du solvant B : chloroforme/benzène, 50/50.

Ce procédé a permis d'isoler, en quantité variable, les vingt-six constituants appréhendés.

Lorsque les quantités de produit sont suffisantes, les coumarines obtenues sont recristallisées dans un solvant approprié. Les identifications sont, en général, obtenues par comparaison des données physiques avec celles d'un échantillon authentique (PF en mélange, cochromatographies, spectres UV et de RMN).

Les Rf donnés ci-après sont ceux des produits purs, chromatographiés sur film de silice Macherey et Nagel et Co (Sil UV 254).

3. **Données analytiques**

(1) *Osthol* : F. = 84 °(benzène), PF mélangé avec un échantillon authentique non abaissé ; Rf (A) : 0,62, fluorescence sous lumière de Wood : bleu-violet, bleu vif après pulvérisation par SO_4H_2 et cochromatographie avec un échantillon donnant un spot unique dans le système A.

RMN [1] ($CDCl_3$) δ ppm : H_3 6,19 d (J = 10) ; H_4 7,59 d (J = 10) ; H_5 7,28 d (J = 8,5) ; H_6 6,82 d (J = 8,5) ; OCH_3 3,90 ; CH_3 1,67 s et 1,83 s ; H isopren. 3,52 d (J = 7) et 5,23 t (J = 7).

(2) *Osthénol* : Rf (A) : 0,16, fluorescence bleu-violet, bleu clair après pulvérisation sulfurique, identifié par cochromatographie.

(3) *Déméthyl-subérosine* : Rf (A) : 0,20, fluorescence bleu-violet, inchangée par pulvérisation sulfurique, identifiée par cochromatographie avec un échantillon de référence.

(4) *Subérosine* : Rf (A) : 0,55, fluorescence bleu-violet, inchangée par pulvérisation sulfurique, identifiée par cochromatographie avec un échantillon témoin.

(5) *Columbianadine* : F. = 119° (éther de pétrole/benzène : 50/50) ; $[\alpha]_D^{20}$ = 220 (chloroforme) ; PF mélangé avec un échantillon authentique, non abaissé ; Rf (A) : 0,60, fluorescence violette, devient bleue après pulvérisation sulfurique, cochromatographie avec un témoin ne donnant qu'une seule tache. RMN conforme à celle publiée par Molho *et al.* (**15**).

(6) *Columbianétine* : F. = 163° (méthanol) ; $[\alpha]_D^{20}$ = 248 (chloroforme) ; Rf (A) : 0,15, fluorescence violette devenant bleue après pulvérisation sulfurique, conforme en tous points avec l'échantillon isolé antérieurement (Molho *et al.* (**15**). RMN cf. (**15**).

1. RMN : le solvant est indiqué entre parenthèses, les valeurs des déplacements chimiques sont données en ppm, TMS référence interne, l'attribution des protons correspond à la numérotation de la position des C des coumarines, la constante de couplage J est donnée en Hz, s = singulet, d = doublet, t = triplet, m = multiplet.

(7) *Marmésine* : F. = 166° (benzène) ; Rf (A) : 0,05, fluorescence violette inchangée par pulvérisation sulfurique, conforme en tous points (PF mélangé, cochromatographie, spectres UV, RMN) à la substance isolée par Molho *et al.* (**15**).

(8) *Sprengélianine* : Identification chromatographique Rf (A) : 0,40, fluorescence violette inchangée par pulvérisation sulfurique.

Il subsiste un doute quant à son identification. Le dérivé 8 pourrait en effet être un isomère de la sprengelianine : la deltoïne (8'). La distinction entre les deux ne serait possible, qu'à partir d'un spectre RMN, or s'il s'agit bien de la sprengelianine dans *H. ceylanicum* et *H. sprengelianum*, les quantités isolées de *V. pedata* n'ont pas été suffisantes pour effectuer un spectre RMN. (Pour le spectre de RMN de la sprengélianine, cf. **15**).

(9) *Angélicine* : F. = 140° (éthanol) : spectre UV : λ max 216, 248, 298 nm ; Rf (A) : 0,60, fluorescence bleu livide devenant beige après pulvérisation sulfurique ; en tous points identique avec un échantillon de référence (PF mélangé non abaissé, cochromatographie, spectre UV de fluorescence).

RMN ($CDCl_3$) δ ppm : H_3 6,36 d (J = 10) ; H_4 7,78 d (J = 10) ; H_5 7,36 d (J = 8,7) ; H_6 7,42 dd (J = 8,7 et 1) ; H_3, dd ; H_2, d.

(10) *Psoralène* : F. = 162° (eau), spectre UV : λ max 246, 290, 328 nm ; Rf (A) : 0,38, fluorescence bleu livide devenant beige après pulvérisation sulfurique ; en tous points identiques avec un échantillon de référence (PF mélangé, cochromatographie, spectre UV de fluorescence).

RMN ($CDCl_3$) δ ppm : H_3 6,33 d (J = 10) ; H_4 7,75 d (J = 10) ; H_5 7,64 s ; H_6 7,41 d (J = 1) ; H_3, 6,79 dd (J = 2,5 et 1) ; H_2, 7,65 d (J = 2,5).

(11) *Sphondine* : F. = 192° (éthanol), spectre UV : λ max 249, 303, 341 nm ; Rf (A) : 0,25, fluorescence bleu ciel devenant beige après pulvérisation sulfurique ; en tous points identique avec un échantillon authentique (PF mélangé, cochromatographie, spectre UV de fluorescence).

RMN ($CDCl_3$) δ ppm : H_3 6,38 d (J = 10) ; H_4 7,75 d (J = 10) ; H_5 6,78 s ; H_3, 7,12 d (J = 2,5) ; H_2, 7,70 d (J = 2,5) ; OCH_3 4,04 s.

(12) *Isobergaptène* : F. = 224° (méthanol), spectre UV : λ max 223, 250, 308 nm ; Rf (A) : 0,60, fluorescence jaune-vert quenchée par pulvérisation sulfurique ; en tous points identique avec un échantillon témoin (PF mélangé, cochromatographie, spectre UV de fluorescence).

RMN ($CDCl_3$) δ ppm : H_3 6,27 d (J = 10) ; H_4 8,11 d (J = 10) ; H_6 6,58 d (J = 1) ; H_3, 6,59 dd (J = 2,5 et 1) ; H_2, 7,54 d (J = 2,5) ; OCH_3 3,95 s.

(13) *Pimpinelline* : F. = 118° (éthanol), couleur marron sous lumière de Wood, Rf (A) : 0,52 ; en tous points identique avec un échantillon de référence (PF mélangé, cochromatographie).

RMN ($CDCl_3$) δ ppm : H_3 6,36 d (J = 10) ; H_4 8,11 d (J = 10) ; H_3, 7,08 d (J = 2,5) ; H_2, 7,65 d (J = 2,5) ; OCH_3 4,04 s et 4,14 s.

(14) *Xanthotoxine* : F. = 145° (méthanol), spectre UV : λ max : 219, 249, 276, 300 nm ; Rf (A) : 0,35, fluorescence beige-jaune quenchée par pulvérisation sulfurique ; en tous points identique avec un échantillon de référence.

RMN ($CDCl_3$) δ ppm : H_3 6,32 d (J = 10) ; H_4 7,72 d (J = 10) ; H_5 7,31 s ; H_3, 6,78 d (J = 2,5) ; H_2, 7,65 d (J = 2,5) ; OCH_3 4,25 s.

(15) *Impératorine* : F. = 102° (benzène) ; Rf (A) : 0,45, fluorescence beige-jaune quenchée par pulvérisation sulfurique ; en tous points identique avec un échantillon de référence isolable en grande quantité des fruits de *H. ceylanicum*.

RMN ($CDCl_3$) δ ppm : H_3 6,32 d (J = 10) ; H_4 7,71 d (J = 10) ; H_5 7,31 s ; H_3, 7,64 d (J = 2) ; H_2, 0.77 d (J = 2) ; H isopren. 4,37 d (J = 7) et 5,58 t (J = 7) : CH_3 1,74 s.

(16) *Bergaptène* : F. = 190° (méthanol) ; Rf (A) : 0,40, fluorescence jaune-vert quenchée par pulvérisation sulfurique ; identique en tous points à un échantillon de référence.

RMN ($CDCl_3$) δ ppm : H_3 6,25 d (J = 10) ; H_4 8,14 d (J = 10) ; H_8 7,12 d (J = 1) ; H_3, 7,02 dd (J = 2,5 et 1) ; H_2, 7,59 d (J = 2,5) ; OCH_3 4,25 s.

(17) *Cnidicine* : Identification chromatographique ; Rf (A) : 0.41, couleur marron sous lumière de Wood ; la cochromatographie avec un échantillon témoin ne donne qu'un seul spot.

(18) *Isopimpinelline* : F. = 150° (éthanol) ; Rf (A) : 0,32, couleur marron sous lumière de Wood, identique en tous points à un échantillon témoin.

RMN ($CDCl_3$) δ ppm : H_3 6,25 d (J = 10) : H_4 8,08 d (J = 10) ; H_3, 6,96 d (J = 2,5) ; H_2, 7,59 d (J = 2,5) ; OCH_3 4,14 s.

(19) *Phelloptérine* : F. = 102° (éthanol) ; Rf (A) : 0,45, couleur marron sous lumière de Wood ; présent en quantité importante dans les fruits de *H. sprengelianum* ; identique en tous points à un échantillon de référence.

RMN ($CDCl_3$) δ ppm : H_3 6,22 d (J = 10) ; H_4 8,06 d (J = 10) ; H_2, 7,59 d (J = 2) ; H_3, 6,96 d (J = 2) ; H isopren. 4,81 d (J = 7) et 5,58 t (J = 7) : CH_3 1,69 s.

(20) *Byak-angélicol* : F. = 106° (acétate d'éthyle) ; $[\alpha]_D^{20}$ = 35 (pyridine) ; Rf (A) : 0,20 ; marron sous la lumière de Wood ; point de fusion d'un mélange avec un échantillon authentique non abaissé.

(21) *Byak-angélicine* : F. = 117° (éthanol) ; $[\alpha]_D^{25}$ = 25 (pyridine) ; Rf (A) : 0,12 ; marron sous la lumière de Wood ; point de fusion d'un mélange avec un échantillon authentique non abaissé.

Note : Les échantillons témoins font partie de la collection du Laboratoire de Chimie du Muséum ou, dans certains cas, nous ont été envoyés par les Professeurs Nielsen et Kusnetcova.

4. Constantes chromatographiques

Les constituants dont la structure n'a pu être établie ont été reconnus d'un échantillon à l'autre au moyen des constantes chromatographiques dans le système A (film silice polygramme-cyclohexane/acétate d'éthyle : 75/25.).

5. Appareillage

Les spectres de RMN ont été effectués sur un appareil Varian A60 et ceux de fluorescence au moyen du spectrophotomètre différentiel Fica 55 (en solution dans l'éthanol).

Les spectres UV ont été enregistrés sur le spectrophotomètre Beckmann DB ; les pouvoirs rotatoires mesurés sur le polarimètre automatique Parkin-Elmer 141 et les points de fusion déterminés à l'aide du microscope à platine chauffante Koller entre lame et lamelle.

La lumière de Wood utilisée pour l'observation des chromatogrammes était fournie par la Mineral Light Ultraviolet Lamp UVSL 25 longshort wave de l'UV Product Inc. (San Gabriel, California, U.S.A.).

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Wight, R., 1838-1853, *Icones Plantarum Indiae Orientalis*. 3 vol.
2. Clarke, C. B., 1879, *Umbelliferae*, *in* Hooker f. Flora british India, **2** : 716.
3. Fyson, P. F., 1932, The Flora of the South Indian Hill stations, 2 vol.
4. Mukherjee, P. K., 1972, Taxonomic studies on Indian *Umbelliferae*. Doct. Thesis, Univ. Calcutta : 458 p.
5. Mukherjee, P. K., et L. Constance, 1974, *Kew Bull.*, **29** : 593-596.
6. Molho, D., P. Jossang, M. C. Jarreau et J. Carbonnier, 1971, *In* Heywood V. H., The Biology and Chemistry of the *Umbelliferae* : 337-360. *Suppl.* 1 to *J. linn. Soc.*, Botany, Acad. Press, London, **64** : 438 p.
7. Svendsen, A. B., 1952, *Pharm. Acta. Helv.*, **27** : 44-51.
8. Svendsen, A. B., 1954, Zur Chemie norwegiseher Umbelliferen, J. Grundt, Tanum Verlag.
9. Wessely, F. von, et E. Nadler, 1932, *Mh. Chem.*, **60** : 141-152.
10. Wessely, F. von, et L. Neugebauer, 1953, *Mh. Chem.*, **84** : 217-225.
11. Herzog, J., et V. Hancu, 1908, *Arch. Pharm.*, **246** : 402-411.
12. Sabata, B. K., M. K. Rout et B. K. Bukman, 1963, *Indian J. appl. Chem.*, **1** : 279-285.
13. Stahl, E., et D. Herting, 1976, *Phytochemistry*, **15** : 997-1001.
14. Sneath, P. H. A., 1957, *J. gen. Microbiol.*, **17** : 184-200.
15. Molho, D., P. Jossang et J. Carbonnier, 1972, *Bull. Soc. chim.* : 208-212.
16. Mandenova, I., 1960, Systématique de la tribu des *Pastinaceae* K. — pol. *emend* Manden. (*Umbelliferae* — *Apioideae*), Tbilissi, URSS, et communication personnelle (*in litt*).

Manuscrit déposé le 15 décembre 1976.

Bull. Mus. natn. Hist. nat., Paris, 3e sér., nº 484, sept.-oct. 1977, Sciences physico-chimiques 12 : 1-17.

Achevé d'imprimer le 15 décembre 1977.

IMPRIMERIE NATIONALE

7 564 003 5

Recommandations aux auteurs

Les articles à publier doivent être adressés directement au Secrétariat du *Bulletin du Muséum national d'Histoire naturelle*, 57, rue Cuvier, 75005 Paris. Ils seront accompagnés d'un résumé en une ou plusieurs langues. L'adresse du Laboratoire dans lequel le travail a été effectué figurera sur la première page, en note infrapaginale.

Le *texte* doit être dactylographié à double interligne, avec une marge suffisante, recto seulement. Pas de mots en majuscules, pas de soulignages (à l'exception des noms de genres et d'espèces soulignés d'un trait).

Il convient de numéroter les *tableaux* et de leur donner un titre ; les tableaux compliqués devront être préparés de façon à pouvoir être clichés comme une figure.

Les *références bibliographiques* apparaîtront selon les modèles suivants :

Bauchot, M.-L., J. Daget, J.-C. Hureau et Th. Monod, 1970. — Le problème des « auteurs secondaires » en taxionomie. *Bull. Mus. Hist. nat., Paris*, 2e sér., 42 (2) : 301-304.

Tinbergen, N., 1952. — The study of instinct. Oxford, Clarendon Press, 228 p.

Les *dessins* et *cartes* doivent être faits sur bristol blanc ou calque, à l'encre de chine. Envoyer les originaux. Les *photographies* seront le plus nettes possible, sur papier brillant, et normalement contrastées. L'emplacement des figures sera indiqué dans la marge et les légendes seront regroupées à la fin du texte, sur un feuillet séparé.

Un auteur ne pourra publier plus de 100 pages imprimées par an dans le *Bulletin*, en une ou plusieurs fois.

Une seule épreuve sera envoyée à l'auteur qui devra la retourner dans les quatre jours au Secrétariat, avec son manuscrit. Les « corrections d'auteurs » (modifications ou additions de texte) trop nombreuses, et non justifiées par une information de dernière heure, pourront être facturées aux auteurs.

Ceux-ci recevront gratuitement 50 exemplaires imprimés de leur travail. Ils pourront obtenir à leur frais des fascicules supplémentaires en s'adressant à la Bibliothèque centrale du Muséum : 38, rue Geoffroy-Saint-Hilaire, 75005 Paris.

MUSEUM
NATIONAL
D'HIST.NAT.